

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

IN RE APPLICATION OF: Laurent POTIN, et al.

SERIAL NO.: NEW U.S. PCT APPLICATION

FILED: HEREWITH

INTERNATIONAL APPLICATION NO.: PCT/FR99/02378

INTERNATIONAL FILING DATE: 05 October 1999

FOR: OPTICAL DEVICE FOR HELMET VIEWFINDER COMPRISING A DIFFRACTIVE MIRROR

REQUEST FOR PRIORITY UNDER 35 U.S.C. 119
AND THE INTERNATIONAL CONVENTIONAssistant Commissioner for Patents
Washington, D.C. 20231

Sir:

In the matter of the above-identified application for patent, notice is hereby given that the applicant claims as priority:

<u>COUNTRY</u>	<u>APPLICATION NO.</u>	<u>DAY/MONTH/YEAR</u>
FRANCE	98/12499	06 October 1998

A certified copy of the corresponding Convention application(s) was submitted to the International Bureau in PCT Application No. **PCT/FR99/02378**. Receipt of the certified copy(s) by the International Bureau in a timely manner under PCT Rule 17.1(a) has been acknowledged as evidenced by the attached PCT/IB/304.

Respectfully submitted,
OBLON, SPIVAK, McCLELLAND,
MAIER & NEUSTADT, P.C.

**22850**

Marvin J. Spivak
Attorney of Record
Registration No. 24,913
Surinder Sachar
Registration No. 34,423

(703) 413-3000
Fax No. (703) 413-2220
(OSMMN 1/97)

THIS PAGE BLANK (USPTO)

FR99
2378

/ 80693

6 19 NOV 1999

WIPO PCT

BREVET D'INVENTION

F C #4
13 Jul 01
R. Talbot

CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION

COPIE OFFICIELLE

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le 03 NOV. 1999

Pour le Directeur général de l'Institut
national de la propriété industrielle
Le Chef du Département des brevets

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Martine Planche'.

Martine PLANCHE

PRIORITY DOCUMENT

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

INSTITUT NATIONAL DE LA PROPRIETE INDUSTRIELLE	SIEGE 26 bis, rue de Saint Petersbourg 75800 PARIS Cedex 08 Téléphone : 01 53 04 53 04 Télécopie : 01 42 93 59 30
---	---

THIS PAGE BLANK (USPTO)



26 bis, rue de Saint Pétersbourg
75800 Paris Cedex 08
Téléphone : 01 53 04 53 04 Télécopie : 01 42 93 59 30

BREVET D'INVENTION, CERTIFICAT D'UTILITÉ

Code de la propriété intellectuelle-Livre VI

cerfa
N° 55 -1328

REQUÊTE EN DÉLIVRANCE

Confirmation d'un dépôt par télécopie

Cet imprimé est à remplir à l'encre noire en lettres capitales

Réservé à l'INPI

DATE DE REMISE DES PIÈCES

06 OCT. 1998

N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL

98 12499 -

DÉPARTEMENT DE DÉPÔT

75

DATE DE DÉPÔT

06 OCT. 1998

2 DEMANDE Nature du titre de propriété industrielle

- brevet d'invention demande divisionnaire
 certificat d'utilité transformation d'une demande de brevet européen



Établissement du rapport de recherche

différé immédiat

Le demandeur, personne physique, requiert le paiement échelonné de la redevance

oui non

Titre de l'invention (200 caractères maximum)

**DISPOSITIF OPTIQUE POUR VISEUR DE CASQUE
COMPORTANT UN MIROIR DIFFRACTIF**

3 DEMANDEUR (S) n° SIREN : **6 . 1 . 2 . 0 . 3 . 9 . 4 . 9 . 5** code APE-NAF

Nom et prénoms (souligner le nom patronymique) ou dénomination

Société dite : **SEXTANT Avionique**

Forme juridique

Société Anonyme

Nationalité (s) **Française**

Adresse (s) complète (s)

Pays

Aérodrome de Villacoublay
78141 VELIZY VILLACOUBLAY

FRANCE

En cas d'insuffisance de place, poursuivre sur papier libre

4 INVENTEUR (S) Les Inventeurs sont les demandeurs oui non Si la réponse est non, fournir une désignation séparée

5 RÉDUCTION DU TAUX DES REDEVANCES requise pour la 1ère fois requise antérieurement au dépôt ; joindre copie de la décision d'admission

6 DÉCLARATION DE PRIORITÉ OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE LA DATE DE DÉPÔT D'UNE DEMANDE ANTÉRIEURE

pays d'origine

numéro

date de dépôt

nature de la demande

7 DIMSIONS antérieures à la présente demande n°

date

n°

date

8 SIGNATURE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE
(nom et qualité du signataire - n° d'inscription)

Claire VASLIN

SIGNATURE DU PRÉPOSÉ À LA RÉCEPTION

SIGNATURE APRÈS ENREGISTREMENT DE LA DEMANDE À L'INPI

DIVISION ADMINISTRATIVE DES BREVETS

26bis, rue de Saint-Pétersbourg
75800 Paris Cedex 08
Tél. : 01 53 04 53 04 - Télécopie : 01 42 93 59 30

BREVET D'INVENTION CERTIFICAT D'UTILITÉ

DÉSIGNATION DE L'INVENTEUR
(si le demandeur n'est pas l'inventeur ou l'unique inventeur)

N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL

9812499

TITRE DE L'INVENTION :

DISPOSITIF OPTIQUE POUR VISEUR DE CASQUE
COMPORTANT UN MIROIR DIFFRACTIF

LE(S) SOUSSIGNÉ(S)

SEXTANT Avionique

DÉSIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) (indiquer nom, prénoms, adresse et souligner le nom patronymique) :

Laurent POTIN
Laurent BIGNOLLES
Tous deux domiciliés à :

THOMSON-CSF
TPI/PC
13 Avenue du Président Salvador Allendé
94117 ARCUÉIL

NOTA : A titre exceptionnel, le nom de l'inventeur peut être suivi de celui de la société à laquelle il appartient (société d'appartenance) lorsque celle-ci est différente de la société déposante ou titulaire.

Date et signature(s) du/des demandeur(s) ou du mandataire

06 OCT. 1998
Claire VASLIN

Claire Vaslin

DISPOSITIF OPTIQUE POUR VISEUR DE CASQUE COMPORTANT UN MIROIR DIFFRACTIF.

La présente invention concerne un dispositif optique de correction d'aberrations affectant une image. En particulier, un dispositif selon l'invention permet de corriger la distorsion due à un miroir concave sphérique incliné par rapport à la direction sous laquelle ce miroir est observé.

L'invention s'applique notamment, mais non exclusivement, à un viseur de casque pour pilote d'avion ou d'hélicoptères d'armes ou pour opérateur d'un simulateur d'entraînement.

Un viseur de casque est un dispositif de présentation d'images intégré à un casque. Le viseur permet au porteur du casque, comme par exemple un pilote d'avion en vol, d'observer des informations visuelles simultanément à la vue du paysage, ou du poste de pilotage, qu'il perçoit le plus souvent à travers une visière de protection. La présentation d'informations adaptées, par exemple sous forme de symboles, permet une aide au pilotage et à la navigation. Ainsi pour des véhicules armés la présentation d'un réticule réalise une aide à la visée d'une arme. Les informations peuvent aussi consister en une image du paysage acquise par des capteurs différents de l'oeil du porteur du casque comme des capteurs d'image infrarouge ou des intensificateurs de lumière pour compléter ou remplacer la vue directe.

A l'intérieur du casque, un générateur d'image comporte un imageur dont l'écran, par exemple un écran de tube cathodique ou un écran à cristaux liquides, permet d'afficher une image.

L'image est le plus souvent transportée à l'aide d'une optique de relais jusqu'à un combinateur qui assure une présentation de l'image transportée en superposition à la vue du paysage.

Pour permettre au pilote une observation simultanée du paysage vu directement à l'infini et de l'image de l'imageur, cette dernière est aussi focalisée à l'infini par une optique de collimation.

Lorsque le combineur est formé d'une simple lame plane semi-réfléchissante, la collimation de l'image peut être réalisée par une optique placée entre l'imageur et le combineur; une telle réalisation de l'art antérieur présente l'inconvénient principal de nécessiter une optique de collimation trop encombrante relativement au champ de vue restreint procuré.

Pour réduire l'encombrement, un combineur présentant une puissance optique a été proposé ; un tel combineur réalise pour son utilisateur à la fois la collimation de l'image et la superposition de l'image collimatée avec la vue du paysage.

L'art antérieur est riche de dispositifs nombreux et variés comportant un combineur à puissance optique. On s'intéresse plus particulièrement aux systèmes de présentation d'images comportant un miroir concave sphérique pour collimater l'image.

Un miroir sphérique concave réalise une collimation de qualité moyenne d'une image placée en un point particulier de l'espace situé sur l'axe du miroir et à une distance de celui-ci égale à la moitié de son rayon de courbure. En plaçant un imageur en ce point, l'oeil situé sur l'axe du miroir reçoit des rayons issus de l'imageur après leur réflexion sur le miroir sphérique, ces rayons sont parallèles et conduisent à la perception par l'oeil d'une image collimatée. Si de plus le miroir est semi-réfléchissant, il permet au même oeil d'observer le paysage par transparence. Cependant dans un tel dispositif l'imageur devrait se trouver sur l'axe du miroir sphérique semi-transparent et il masquerait le champ de vue de l'utilisateur.

Pour dégager la vue de l'utilisateur, le miroir sphérique est incliné par rapport à la normale au visage et l'oeil de l'utilisateur n'est plus sur l'axe du miroir. Cette disposition présente l'inconvénient de conduire à une image collimatée affectée d'aberrations optiques, d'excentrement en particulier, qu'il est nécessaire de corriger au moins partiellement.

L'inclinaison du miroir concave sphérique entache l'image collimatée de distorsion, appelée distorsion d'excentrement de seconde espèce, caractérisée par une convergence des verticales et une courbure apparente des horizontales.

L'art antérieur nous enseigne pour corriger la distorsion de l'image fournie par un ensemble optique d'introduire une distorsion inverse au niveau de l'imageur par correction électronique ; ceci est aisément réalisé

lorsque l'imageur comporte un tube cathodique mais cette solution n'est pas adaptée à un imageur, comme par exemple un intensificateur de lumière, qui ne présente pas les réglages nécessaires de l'image. On pourrait aussi essayer de corriger la distorsion en insérant dans le trajet optique entre 5 l'imageur et le miroir sphérique un autre miroir sphérique incliné introduisant une distorsion inverse du premier ; mais on aboutirait à un système optique inutilisable du fait de son encombrement.

Dans un brevet déposé sous le numéro 97 09893 le 1er août 1997 par le demandeur, un miroir asphérique d'une forme adaptée permet une 10 correction de la distorsion d'excentrement de seconde espèce.

La surface particulière du miroir asphérique proposé permet de modifier les rayons lumineux afin de rectifier les effets du miroir concave sphérique sur les horizontales et les verticales de l'image observée et ainsi assurer une correction de la distorsion. Cette correction est réalisée par 15 l'introduction par le miroir asphérique d'une distorsion d'excentrement de seconde espèce pour compenser la distorsion de même type due au miroir concave sphérique de collimation utilisé hors axe. L'effet du miroir asphérique conduit à rendre les verticales parallèles et les horizontales rectilignes dans l'image collimatée. L'image est redressée et orthoscopique, 20 mais la forme globale du miroir provoque localement une amplification des aberrations et notamment de l'astigmatisme. La correction de la distorsion que permet cette invention est limitée par une dégradation de la résolution de l'image.

Le problème consiste à réaliser un dispositif de présentation d'images 25 comportant un miroir de collimation sphérique hors axe, présentant une image collimatée satisfaisante pour l'utilisateur c'est-à-dire dépourvue d'aberrations gênantes et présentant un grand champ de vue supérieur ou égal à 40 degrés. Il s'agit d'obtenir une image collimatée qui présente à la fois une bonne résolution et une bonne correction de la distorsion.

Le miroir de collimation sphérique étant observé sous un angle oblique par rapport à son axe, il introduit une distorsion d'excentrement de seconde espèce caractérisée par une absence de symétrie de révolution. Cette distorsion est particulièrement dangereuse pour un utilisateur pilotant 30 un véhicule, car la perception de la perspective est dégradée. La difficulté 35 consiste à trouver un moyen pour corriger la distorsion ne dégradant pas la

qualité de l'image et tel que l'ensemble du dispositif optique présente une masse et un encombrement réduits.

C'est pourquoi l'invention propose un dispositif optique pour système de présentation d'images collimatées à un utilisateur comportant un 5 imageur et un miroir concave sphérique hors axe caractérisé en ce qu'il comporte des moyens optiques pour corriger la distorsion de l'image présentée à l'utilisateur qui est due au miroir concave sphérique hors axe, lesdits moyens comportant un miroir diffractif de champ.

Le miroir diffractif comporte un hologramme par réflexion. Selon 10 l'invention, la correction de la distorsion est opérée lorsque le miroir diffractif est placé dans un voisinage d'une image intermédiaire du dispositif optique : c'est un miroir diffractif de champ. Son effet diffractif à proximité de l'image intermédiaire permet de déplacer non uniformément les points de l'image.

Dans le voisinage, la correction réalisée par le miroir diffractif ne 15 dégrade pas la résolution de l'image. L'étendue du voisinage est limitée par la résolution, qui est imposée par le reste du dispositif. Le miroir diffractif est situé de préférence à la limite du voisinage fixé par la résolution. Tout en étant à l'intérieur du voisinage de l'image intermédiaire, le miroir diffractif est placé à une distance maximale de l'image intermédiaire au delà de laquelle 20 il dégrade la résolution de l'image présentée à l'utilisateur.

Le miroir diffractif peut être, par exemple, situé au voisinage de la première image intermédiaire c'est-à-dire celle qui est la plus proche de l'oeil de l'utilisateur du dispositif. Mais il est de préférence placé au voisinage de la seconde image intermédiaire; cette disposition préférée 25 permet la réalisation d'un dispositif moins lourd et moins encombrant et dans lequel l'hologramme est mieux protégé.

L'hologramme dans l'invention est par exemple numérique digital à variations discrètes, numérique plan à profil continu, il peut aussi être enregistré dans une matière photosensible.

30 Le substrat dans lequel l'hologramme est façonné peut être plan, mais il n'est de préférence pas plan; les courbures de la surface prenant en charge une partie de la correction, l'hologramme assurant une correction résiduelle.

Le substrat transparent de l'hologramme de volume dans une couche photosensible présente de préférence un indice optique variable ou une épaisseur variable.

Le dispositif comporte également un ou plusieurs groupes optiques de puissance ou de relais placés sur le trajet des rayons entre l'imageur et le miroir sphérique, en amont et/ou en aval du miroir diffractif de champ.

Ces groupes optiques assurent aussi la précorrection de l'astigmatisme nécessairement introduit dans l'image collimatée du fait que le miroir sphérique est observé sous un angle incliné par rapport au rayon qui définit l'axe optique de ce miroir. Cet astigmatisme peut être corrigé par exemple par une lentille convergente sphérique et une lentille cylindrique, dans un groupe optique de relais situé entre l'imageur et le miroir diffractif. Il peut être corrigé aussi par une lentille diffractive placée dans un groupe de puissance entre le miroir diffractif et le miroir sphérique.

L'invention permet de conserver une image de bonne résolution tout en assurant une correction poussée de la distorsion due au miroir de collimation sphérique et incliné. L'invention présente l'avantage de corriger la distorsion de l'image présentée à l'œil de l'utilisateur pour une pupille instrumentale large, par exemple d'au moins 15 millimètres de diamètre, et pour un champ large typiquement supérieur à 40 degrés. La pupille instrumentale est la zone de l'espace dans laquelle l'utilisateur d'un instrument doit placer la pupille de son œil pour l'utiliser.

Cette correction est particulièrement intéressante lorsqu'une distorsion ne peut pas du tout ou ne peut pas facilement être imposée au niveau de l'imageur. En effet dans un tel cas une correction électronique de l'art antérieur ne convient pas.

La première image pupillaire du dispositif est inclinée par rapport à l'axe optique, le miroir diffractif selon l'invention en donne une seconde image pupillaire redressée sur l'axe optique.

L'invention peut être intégrée à un viseur de casque présentant une pupille instrumentale large et un champ large.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description détaillée suivante de réalisations particulières qui sont faites en référence aux dessins annexés suivants :

- la figure 1 représente schématiquement et partiellement un dispositif optique avec miroir combineur sphérique hors axe optique,
- la figure 2 représente la distorsion que corrige l'invention,
- la figure 3 représente une réalisation préférée d'un dispositif selon 5 l'invention,
- la figure 4 représente une autre réalisation d'un dispositif selon l'invention.

Dans les dessins, les schémas optiques sont représentés développés dans un plan dit plan de symétrie de l'optique. Ce plan contient la normale à 10 la pupille de l'entrée de l'oeil de l'utilisateur et le centre de la sphère supportant le miroir sphérique. Dans la réalité, des miroirs non représentés, qui n'introduisent pas d'aberration, permettent de diriger les faisceaux dans les trois dimensions, pour satisfaire diverses contraintes d'encombrement : par exemple pour que le dispositif soit adapté au contour de la tête de 15 l'utilisateur.

Sur la figure 1, un utilisateur d'un dispositif optique comportant un miroir sphérique 1 est représenté par le plan des pupilles 2 et la droite 5 normale à ce plan 2. La pupille 11 de l'oeil est généralement située optiquement à 3 millimètres en retrait de la cornée 12 de l'oeil 3.

20 On note qu'en fonction de son orientation par rapport au visage de l'utilisateur, la droite 5 peut correspondre à la vue de l'utilisateur droit devant lui, ou bien à une vue vers le haut, vers le bas, vers un côté ou le côté opposé.

Le miroir sphérique 1 est placé en avant de l'utilisateur, sa concavité 25 est tournée vers l'utilisateur. L'intersection de l'axe d'observation 5 avec le miroir 1 est désignée par la référence 6.

Le miroir sphérique 1 est supporté par une sphère S dont le centre 4 n'appartient pas à cette droite 5. Le plan P de la figure 1 est un plan de l'espace qui contient le centre 4 de la sphère support du miroir sphérique 1 30 et la droite 5 passant par le centre de la pupille 11 de l'oeil 3. C'est le plan d'incidence de la droite 5 sur le miroir sphérique 1, on l'appelle plan de symétrie de l'optique. Le plus souvent ce plan est confondu avec le plan passant par le centre de la pupille 11 et parallèle au plan de symétrie théorique du visage de l'utilisateur.

La droite 5 et le rayon 7 de la sphère S passant par le point d'intersection 6 sont écartés d'un angle θ . Une valeur non nulle de cet angle θ caractérise une utilisation hors axe du miroir sphérique 1. Le miroir sphérique 1 lui-même est dit "hors axe".

On s'intéresse à un rayon optique 8 qui est symétrique de la droite 5 de l'axe optique par rapport au rayon 7 de la sphère S. En première approximation, une image dont le centre 9 est placé à une distance égale à la moitié du rayon de courbure de la sphère S sur ce rayon optique est perçue par l'oeil 3 de l'utilisateur comme collimatée au premier ordre car les rayons lumineux issus de l'image ainsi placée sont réfléchis par le miroir sphérique 1 en direction de l'oeil 3 sous la forme d'un faisceau de rayons sensiblement parallèles. L'image de centre 9 peut présenter de la courbure de champ.

Cependant la collimation par réflexion sur le miroir sphérique n'est pas parfaite, elle est affectée, en plus des aberrations intrinsèques à ce miroir, d'une aberration optique d'excentrement due à l'utilisation hors axe du miroir sphérique 1.

Le miroir sphérique 1 peut-être semi-transparent. Dans ce cas des rayons lumineux 10 provenant de l'environnement extérieur au miroir sphérique 1, c'est-à-dire venant frapper la face convexe de ce miroir, sont transmis à l'oeil 3 par le miroir sphérique 1. Ce miroir sphérique 1 réalise alors un combineur qui superpose une image collimatée avec la vue directe de l'environnement. Cette disposition est généralement adoptée dans un viseur de casque.

Le champ central est défini comme le faisceau des rayons lumineux issus du centre 9 de l'image à collimater. On considère un rayon lumineux particulier qui appartient au champ central et qui passe par le centre de la pupille de l'utilisateur. Le trajet de ce rayon lumineux est l'axe optique du dispositif utilisé. L'axe optique est généralement une ligne brisée. La droite 5 supporte une partie de l'axe optique. Le plus souvent, l'image est présentée droit devant l'utilisateur, la droite 5 est alors sensiblement normale au visage de l'utilisateur, mais l'image peut être par exemple présentée en haut du champ de vision de repos à l'infini de l'utilisateur et la droite 5 est alors orientée dans la direction correspondante.

La figure 2 représente l'image que perçoit l'oeil de l'utilisateur d'un dispositif optique selon la figure 1 dans lequel une image centrée sur le point 9 et comportant un carré avec un quadrillage carré régulier est collimatée. La déformation perçue est une distorsion d'excentrement de 5 seconde espèce: les lignes verticales qui devraient être des droites parallèles sont convergentes et les lignes horizontales qui devraient être des droites parallèles sont courbes. Cette distorsion particulière est due à l'inclinaison du miroir sphérique de collimation par rapport à l'axe d'observation; elle présente une absence de symétrie de révolution. 10 Lorsqu'un pilote utilise un dispositif optique selon la figure 1 pour diriger son véhicule, il est fortement perturbé par la déformation entre l'image présentée et le paysage réel. Des hauteurs sont surestimées et des vitesses sont sous-estimées.

Divers éléments optiques vont être décrits selon l'invention afin 15 d'obtenir, à partir d'une image lumineuse fournie par un imageur et collimatée par un miroir sphérique hors axe, la perception par l'oeil de l'utilisateur d'une image collimatée de bonne qualité.

Sur la figure 3, des trajets de rayons lumineux à l'intérieur d'une réalisation préférée d'un dispositif selon l'invention sont représentés.

20 Dans cette réalisation, destinée à un viseur de casque, l'imageur, non représenté, comporte un écran comme par exemple l'écran d'un tube cathodique ou un écran à cristaux liquides. L'écran peut aussi être réalisé par exemple par une section de faisceau de fibres optiques ou une diapositive ou l'écran d'un tube intensificateur de lumière. Une image dont la 25 surface est quelconque est affichée sur l'écran 20 de l'imageur représenté par son plan tangent. L'image fournie par l'imageur peut être plane, sphérique ou avoir même encore une autre forme. Les trajets des rayons lumineux de l'écran 20 de l'imageur jusqu'à l'oeil 3 de l'utilisateur sont tracés pour cette réalisation de l'invention.

30 Le dispositif comprend un miroir sphérique 1 placé devant l'oeil 3 de l'utilisateur et un miroir diffractif de champ 21 placé entre l'écran 20 et le miroir sphérique 1. Un miroir diffractif est une optique diffractive qui travaille en réflexion. Le dispositif comprend également un groupe de puissance 22 entre le miroir diffractif de champ 21 et le miroir sphérique 1, ainsi qu'une 35 optique de relais 29 entre l'écran 20 et le miroir diffractif de champ 21.

Les rayons lumineux issus de l'écran 20 de l'imageur sont reçus, après traversée de l'optique de relais 29, par le miroir diffractif 21; ils sont réfléchis et déviés par ce dernier puis traversent le groupe de puissance 22 avant de frapper le miroir sphérique 1 hors axe qui assure une collimation de 5 l'image finalement perçue par l'oeil 3 de l'utilisateur.

Les rayons lumineux issus du centre de l'écran 20 de l'imageur forment le champ central de l'imageur. L'axe optique du dispositif correspond au trajet du rayon du champ central qui passe par le centre de la pupille de l'oeil 3 de l'utilisateur.

10 On observe maintenant le trajet des rayons lumineux dans l'autre sens c'est-à-dire en partant de l'oeil 3 de l'utilisateur et en remontant les différents éléments optiques vers l'écran 20 de l'afficheur.

15 Les rayons issus de l'oeil sont réfléchis sur le miroir sphérique 1 hors axe puis forment une première image intermédiaire 25. L'image perçue par l'oeil est conjuguée de la première image intermédiaire 25 par le miroir sphérique 1. L'axe optique qui, dans l'exemple de la figure 3, est horizontal sur une première partie 31 entre le centre de la pupille de l'oeil 3 et le miroir sphérique 1 est également réfléchi sur le miroir sphérique 1.

Cette partie 31 de l'axe optique et sa réflexion sur le miroir sphérique 20 1 définissent un plan nommé plan d'incidence de l'axe optique sur le miroir sphérique 1 hors axe. Dans l'exemple de la figure 3, le plan d'incidence est confondu avec le plan de symétrie de l'optique qui est représenté par le plan de la figure 3. Le plan de symétrie de l'optique est un plan contenant le trajet décrit par l'axe optique entre l'imageur et la pupille de l'utilisateur. Mais une 25 réalisation de l'invention n'est pas limitée à une optique dans ce plan ; dans le cadre de l'invention, il est toujours possible d'ajouter des miroirs plans supplémentaires permettant, par exemple, de sortir des éléments optiques en dehors du plan de la figure. En effet les miroirs plans, également appelés miroirs de pliage, ne modifient pas la fonction optique, ils n'apportent pas et 30 ne corrigent pas d'aberration mais ils permettent aux rayons optiques de contourner des obstacles comme la tête de l'utilisateur.

Les rayons réfléchis par le miroir sphérique 1 frappent, dans cet exemple de réalisation, un miroir plan 23 qui permet le pliage des rayons optiques en respectant le plan d'incidence de l'axe optique sur le miroir sphérique 1. L'invention peut être réalisée sans ce miroir plan 23. Après 35

réflexion sur le miroir plan 23, l'axe optique est orienté selon une droite 32 du plan d'incidence.

Sur la seconde partie 32 de l'axe optique, on observe une première image pupillaire 24 qui est l'image de la pupille de l'oeil 3 donnée par le 5 miroir sphérique 1 hors axe.

La normale au plan tangent à cette première image pupillaire 24 n'est pas parallèle à la section correspondante 32 de l'axe optique. La première image pupillaire 24 est inclinée sur l'axe optique. Cette inclinaison est un effet de la distorsion à corriger.

10 Le groupe de puissance 22 est placé par exemple de façon à ce que la première image pupillaire 24 soit sur le trajet des rayons lumineux entre le miroir sphérique 1 et le groupe de puissance 22. Le groupe de puissance est de préférence centré sur la seconde partie 32 de l'axe optique. Il comporte au moins une lentille convergente. Et dans la réalisation illustrée par la 15 figure 3, le groupe de puissance comporte une lentille divergente placée entre une première et une seconde lentilles convergentes; ces lentilles successives présentant chacune une puissance optique réduite limitent les aberrations introduites par le groupe de puissance 22 lui-même. Le groupe 20 22 réduit l'ouverture du faisceau incident sur le miroir diffractif 21. Cette ouverture est très faible en comparaison avec l'ouverture des faisceaux incidents sur le miroir sphérique 1.

Le groupe de puissance focalise la première image intermédiaire 25 sur une seconde image intermédiaire 27. Il affecte l'image et il permet au dispositif optique selon l'invention de présenter une bonne qualité d'image. 25 Ce groupe de puissance est un élément optique proche de la première image pupillaire 24; il affecte peu cette dernière.

Le miroir diffractif 21 est placé au voisinage de la seconde partie 32 de l'axe optique, la première image pupillaire 24 est d'un côté du groupe de puissance 22 et le miroir diffractif 21 est de l'autre côté. Le miroir diffractif 21 30 réfléchit des rayons venant de la pupille de l'oeil en direction de l'écran 20 de l'imageur. Le plan de la figure 3 est aussi le plan d'incidence de l'axe optique sur le miroir diffractif 21.

Le miroir diffractif 21 est proche de la seconde image intermédiaire 27 que le dispositif forme à partir de l'image affichée sur l'écran 20. Le miroir 21 35 impose en chacun des points de sa surface une déviation particulière à

chaque faisceau lumineux qu'il reçoit. Ainsi, en remontant le trajet réel des rayons lumineux, un point de l'image 27 est formé par des rayons qui sont à la fois réfléchis par le miroir 21 et déviés par le pouvoir diffractif de ce miroir.

La différence de phase locale appliquée par le miroir 21 au front 5 d'onde lumineux est enregistrée dans un hologramme et le pas des franges d'interférence est proportionnel à la dérivée de la fonction de phase. La déviation imposée à un rayon lumineux est d'autant plus importante que les franges sont serrées.

Si le miroir est loin de l'image, qui est dans cet exemple la seconde 10 image intermédiaire 27, il impose une déformation globale de l'image qui ne corrige pas la distorsion gênante. Lorsque le miroir 21 est au voisinage de l'image, les déviations déplacent les points de l'image indépendamment les uns des autres. La proximité de l'image intermédiaire permet de séparer les 15 points du champ, les déplacements des points ne sont pas uniformes et ils permettent une correction de la déformation de distorsion de l'image. Si le miroir 21 est très près de l'image 27, la distorsion ne peut être corrigée que par de fortes déviations; la fonction de phase assurant la correction présente alors des fluctuations importantes, elle est difficile à maîtriser et à réaliser. A l'extrême, lorsque le miroir 21 est exactement sur l'image, la déviation 20 imposée par le miroir à chaque point de l'image est nulle.

Dans l'invention, l'hologramme placé dans le voisinage de l'image intermédiaire 27, dévie un rayon lumineux de l'image sans modifier la focalisation locale : il décale la position d'un point dans l'image sans modifier la qualité de l'image. Le miroir diffractif 21 selon l'invention affecte 25 la distorsion de l'image sans en affecter la résolution. Le miroir diffractif 21 permet de corriger la distorsion de l'image introduite par le miroir de collimation sphérique 1 utilisé hors axe.

Dans l'invention, le miroir est de préférence à une distance qui correspond pour le centre du champ à la limite de résolution de l'image, le 30 voisinage de l'image est limité par cette distance dépendant de la résolution. Au bord du champ, une résolution moins bonne est tolérée.

La fonction de phase de l'hologramme est calculée par projection sur une base de référence, de préférence une base polynomiale ou de type Zernike. Une telle projection assure une fonction de phase lentement 35 variable. Les coefficients calculés sont en suite enregistrés sur un substrat.

- L'hologramme est par exemple un hologramme numérique réfléchissant : la fonction de phase est numérisée et inscrite dans un substrat sous la forme d'une variation d'épaisseur du substrat. La variation peut être discrète comme par exemple dans un hologramme numérique plan à variations discrètes qui peut être obtenu par attaque du substrat à travers des masques binaires. La variation peut être réalisée de manière analogique, comme par exemple dans un hologramme numérique plan à profil continu, lequel est notamment réalisé avec des masques à transmission variable.
- 10 L'hologramme est enregistré sur un substrat, par exemple du verre; ce peut être une lame à faces planes et parallèles mais la surface n'est de préférence pas plane ce qui présente l'avantage de soulager les variations d'incidence sur le substrat et/ou de réaliser une partie de la fonction optique du miroir 21.
- 15 L'hologramme réfléchissant peut aussi être un hologramme de volume enregistré dans la surface photosensible d'un support transparent à l'aide d'un banc d'enregistrement à l'aide de deux ondes arrivant de part et d'autre d'une surface réalisée dans une matière photosensible comme par exemple une gélatine bi-chromatée.
- 20 Le support transparent de la surface sensible peut être une lame de verre à faces planes et parallèles. Mais il peut aussi présenter une épaisseur variable, ou présenter un indice optique variable selon la position sur la surface du substrat.
- 25 Ainsi dans l'exemple de la figure 3, le substrat est une lame sphérique et l'hologramme réalise la correction résiduelle que la lame sphérique seule ne peut assurer. Dans des variantes de réalisation, l'hologramme selon l'invention est supporté par exemple par une surface asphérique ou un miroir de Mangin.
- 30 Dans la réalisation illustrée par la figure 3, la position du miroir diffractif 21 au voisinage de la seconde image intermédiaire 27 permet de le placer assez loin de l'oeil de l'utilisateur. Notamment dans un viseur de casque, l'hologramme est placé à l'intérieur du casque dans un emplacement protégé d'agressions comme par exemple l'humidité ou le contact avec les doigts du pilote.

Sur la figure 3, la troisième partie 33 de l'axe optique correspond à la réflexion de la seconde partie 32 de ce même axe optique sur le miroir diffractif 21, on y observe, entre le miroir diffractif 21 et l'écran de l'imageur 20, une seconde image pupillaire 30 qui présente un plan tangent 5 sensiblement normal à l'axe optique local 33. Le miroir diffractif 21 transforme une image pupillaire 24 inclinée sur l'axe optique en une image pupillaire 30 perpendiculaire à l'axe optique. Le miroir diffractif 21 permet au dispositif selon l'invention de présenter une bonne qualité de pupille sans affecter la qualité de l'image.

La partie utile du miroir diffractif 21 présente un plan tangent dont la normale 28, appartenant au plan d'incidence, n'est pas parallèle à la deuxième partie 32 de l'axe optique. Le miroir diffractif 21 est incliné par rapport à l'axe optique, il est dit hors axe. L'ouverture autour de l'axe 28 est suffisante pour optimiser le tirage laissé disponible pour placer par exemple 15 des miroirs de renvoi entre le miroir diffractif 21 et la lentille la plus proche dans le groupe de puissance 22. Et l'angle d'incidence de l'axe optique sur le miroir 21 permet aussi de limiter la surface utile et ainsi de conserver une bonne qualité d'image sur toute la surface. L'angle d'incidence est de préférence voisin de 45 degrés. Dans cette réalisation, la surface utile du 20 miroir 21 est par exemple estimée par un diamètre d'environ 45 millimètres.

Le dispositif optique selon l'invention illustré par la figure 3 comporte une optique de relais 29, placée entre le miroir diffractif 21 et l'écran 20 de l'imageur, pour éloigner l'écran 20 de l'imageur du miroir diffractif 21. Cet éloignement est généralement rendu nécessaire pour satisfaire des contraintes d'encombrement. Il permet par exemple pour un viseur de casque de placer l'ensemble de l'imageur, qui peut être un tube à rayons cathodiques, à une position satisfaisante dans le volume disponible du casque. Les faisceaux des rayons lumineux entre l'optique de relais 29 et le miroir diffractif 21 présentent une très faible ouverture. Ces faisceaux sont 30 en aval du miroir diffractif 21 en considérant les trajets de faisceaux inversés, c'est-à-dire de l'oeil vers l'imageur. L'ouverture est très faible en comparaison à celle des faisceaux sur le miroir sphérique 1.

L'optique de relais 29 est sensiblement alignée avec la troisième partie 33 de l'axe optique. Cette optique de relais essentiellement centrée 35 est simple à réaliser.

L'optique de relais 29 a aussi des fonctions de puissance optique pour précorriger à proximité de l'imageur l'astigmatisme qui sera introduit par l'observation hors axe du miroir sphérique 1. Dans une variante de réalisation, cette correction de l'astigmatisme n'est pas réalisée au niveau 5 de l'optique de relais 29 mais dans le groupe de puissance 22, lequel comporte alors par exemple une lentille diffractive et une lentille convergente.

Dans la réalisation de la figure 3, l'optique de relais 29 comporte également un cube mélangeur 26, ou une lame semi-réfécissante, qui 10 permet le mélange de la voie de l'écran 20 avec une voie d'un autre afficheur non représenté sur la figure 3. Le cube 26 permet par exemple de superposer des informations visuelles d'un tube cathodique et celles issues d'un ensemble (non représenté) comportant un objectif de prise de vue et un intensificateur d'image.

15 D'autre part, le grandissement entre les deux images pupillaires 30 et 24 est de préférence d'une valeur proche de un. La conjugaison pupillaire pratiquement unitaire présente l'avantage de réduire l'encombrement du dispositif optique, elle permet une minimisation de la taille des optiques tout au long du chemin optique. Cette réduction d'encombrement est 20 avantageuse pour le poids du dispositif et pour son coût.

Dans la réalisation de la figure 4, le dispositif optique comporte entre 25 un miroir de collimation sphérique incliné 1 et l'écran 20 de l'imageur, un miroir diffractif 41 placé à proximité de la première image intermédiaire 25. Le substrat de l'hologramme est par exemple une lame de verre plane à faces parallèles. Entre le miroir diffractif 41 et l'écran 20, l'ensemble optique 42 assure une conjugaison de l'image intermédiaire 25 sur l'écran 20, il comporte plusieurs lentilles dont deux lentilles asphériques 43, 44. L'ensemble 42 peut également comporter un cube mélangeur 45 associé à une autre source lumineuse.

30 Cependant pour des performances optiques comparables, cette réalisation de l'invention nécessite un ensemble optique plus lourd et plus coûteux que la réalisation préférée illustrée par la figure 3.

Le miroir sphérique 1 hors axe peut être semi-transparent, dans ce cas, les rayons lumineux émis par le paysage ou l'environnement dans le 35 champ de vue de l'utilisateur sont transmis par ce miroir et sont reçus par la

pupille de l'oeil simultanément avec les rayons réfléchis par ce même miroir et précédemment décrits. Le miroir semi-transparent est un combinateur. C'est donc un combinateur sphérique utilisé hors axe.

Le combinateur fait de préférence partie d'une visière de protection des 5 yeux et même du visage de l'utilisateur.

Une visière selon l'invention présente au moins une partie réfléchissante sphérique hors axe. En position d'utilisation la visière est rabattue de façon à ce que la partie correspondant au miroir sphérique 1 soit placée devant l'oeil de l'utilisateur. L'ensemble du dispositif de présentation 10 d'images collimatées peut être intégré à un casque par exemple pour un pilote d'avion ou d'hélicoptère et permet de réaliser un viseur de casque.

Le viseur peut être monoculaire s'il présente l'image collimatée à un seul oeil. Le viseur peut être binoculaire s'il comporte la présentation d'une image pour chaque oeil. Il présente l'avantage de permettre une vision 15 agréable lorsque le recouvrement des champs de vue des deux images est total. Un viseur binoculaire peut également présenter un recouvrement partiel des deux champs de vue ce qui permet pour un même dimensionnement des optiques d'obtenir un champ de vue plus large sans trop dégrader la perception des informations présentées.

La distorsion d'une image présentant un quadrillage conduit à la déformation du quadrillage. Les images présentées à l'utilisateur et dont la distorsion inhérente à la visière concave sphérique hors axe est corrigée sont particulièrement avantageuses pour un viseur de casque car elles respectent les dimensions réelles des objets représentés. Ce qui est 20 primordial lorsque le viseur présente une image superposée à la vue directe et l'est encore plus lorsque l'image présentée se substitue à la vue directe pour l'utilisateur par exemple dans le cas d'une vision nocturne assistée par un intensificateur d'image, d'une vision infrarouge ou d'un simulateur d'entraînement. La correction de cette distorsion présente l'avantage de 25 permettre à l'utilisateur une bonne appréciation des distances sur l'image qu'il observe et de lui permettre par exemple de piloter de nuit sans erreur de positionnement.

REVENDICATIONS

1. Dispositif optique pour système de présentation d'images collimatées à un utilisateur, comportant un imageur (20) et un miroir concave sphérique hors axe (1), caractérisé en ce qu'il comporte des moyens optiques pour corriger la distorsion de l'image présentée à l'utilisateur qui
5 est due au miroir concave sphérique hors axe (1), lesdits moyens comportant un miroir diffractif de champ (21).
2. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que le miroir diffractif de champ (21) est situé au voisinage d'une image
10 intermédiaire (25, 27) formée par ledit dispositif optique.
3. Dispositif selon la revendication 2, caractérisé en ce que l'étendue du dit voisinage est limitée par la résolution.
15 4. Dispositif selon la revendication 2, caractérisé en ce que le miroir diffractif (21) est placé à une distance maximale de l'image intermédiaire (25, 27) au delà de laquelle le miroir diffractif (21) dégrade la résolution de l'image.
- 20 5. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le miroir diffractif de champ (21) est situé au voisinage de la seconde image intermédiaire (27).
- 25 6. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le miroir diffractif de champ (21) est un hologramme numérique plan digital à variations discrètes.
- 30 7. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le miroir diffractif de champ (21) est un hologramme numérique plan à profil continu.

8. Dispositif selon l'une des revendications 6 et 7, caractérisé en ce que la face du support du miroir diffractif de champ (21) dans laquelle est réalisée l'hologramme n'est pas plane.

5 9. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que le miroir diffractif de champ (21) est un hologramme de volume enregistré dans une matière photosensible.

10 10. Dispositif selon la revendication 9, caractérisé en ce que la matière photosensible est sur un support transparent d'indice optique variable.

11. Dispositif selon la revendication 9, caractérisé en ce que la matière photosensible est sur un support transparent d'épaisseur variable.

15 12. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comporte un groupe de puissance (22) placé entre les miroirs sphérique (1) et diffractif (21).

20 13. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comporte un ou plusieurs groupes optiques de puissance (22) ou de relais (29) placés sur le trajet des rayons entre l'imageur et le miroir sphérique, en amont et/ou en aval du miroir diffractif (21), ces groupes donnant aux faisceaux incidents sur le miroir diffractif une très faible ouverture, comparée à l'ouverture des faisceaux incidents sur le miroir sphérique.

30 14. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que la correction de la distorsion est réalisée pour une pupille instrumentale large d'au moins 15 millimètres de diamètre, pour un champ supérieur à 40 degrés et pour une bonne résolution de l'image présentée à l'utilisateur.

35 15. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il transforme une image pupillaire (24) inclinée sur l'axe

optique en une image pupillaire redressée (30) sensiblement perpendiculaire à l'axe optique en assurant une bonne qualité des images collimatées présentées à l'utilisateur.

5 16. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le miroir sphérique (1) est semi-transparent.

10 17. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le système de présentation d'images collimatées est un viseur de casque.

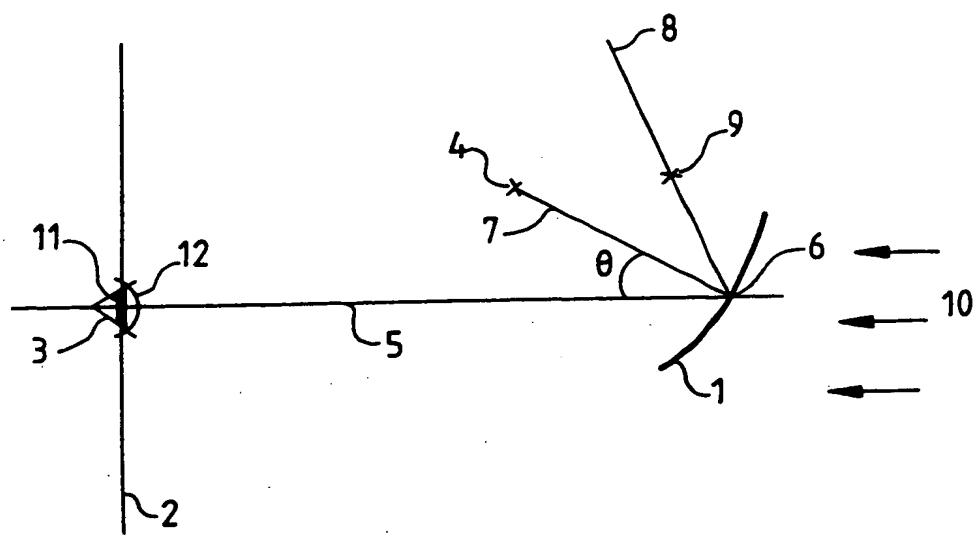


FIG.1

214

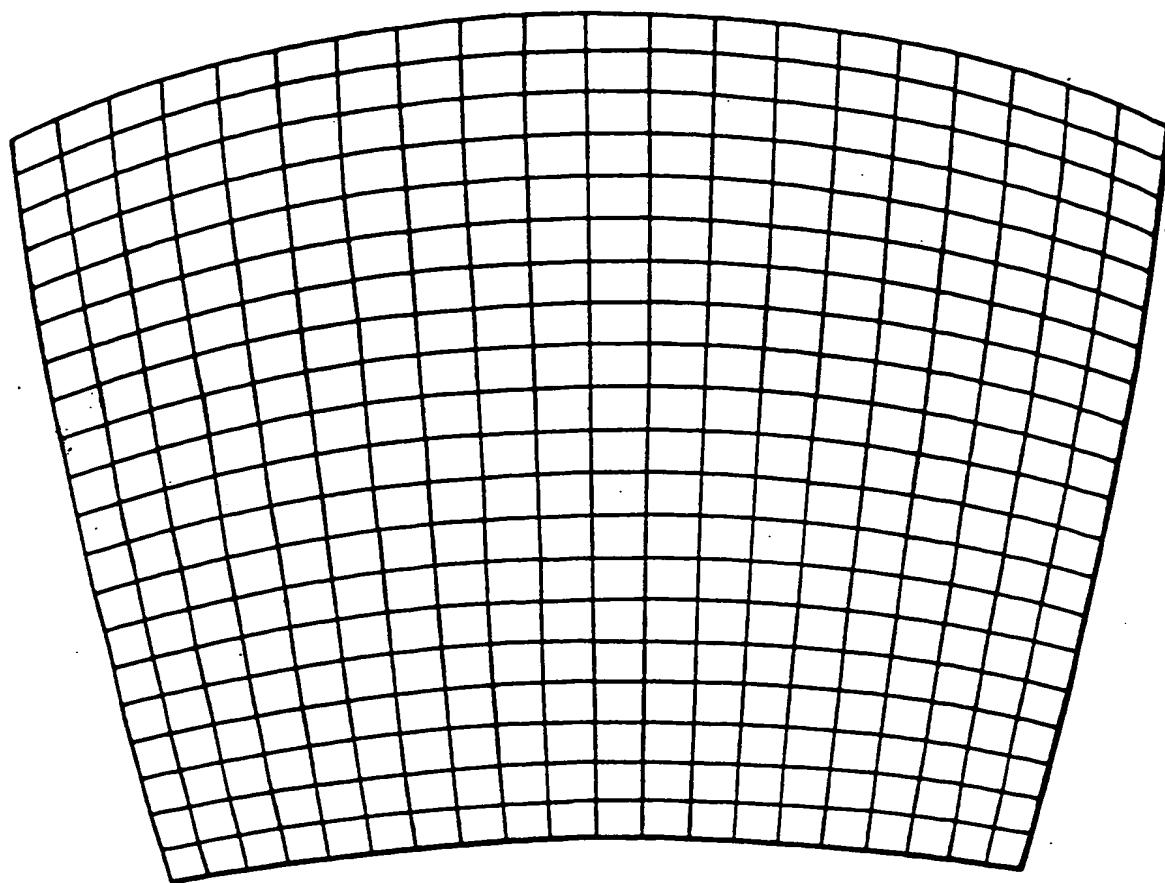


FIG. 2

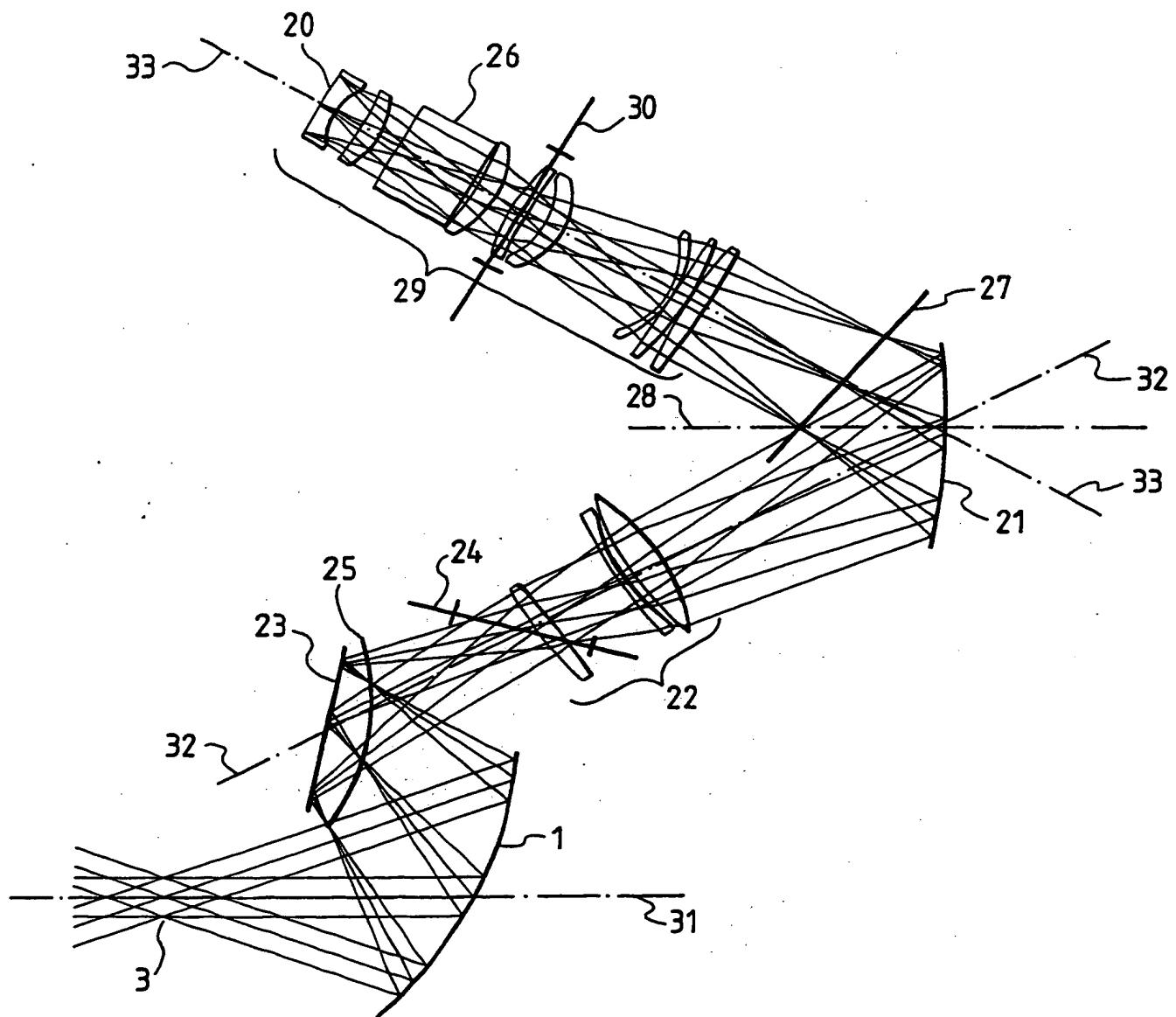


FIG. 3

414

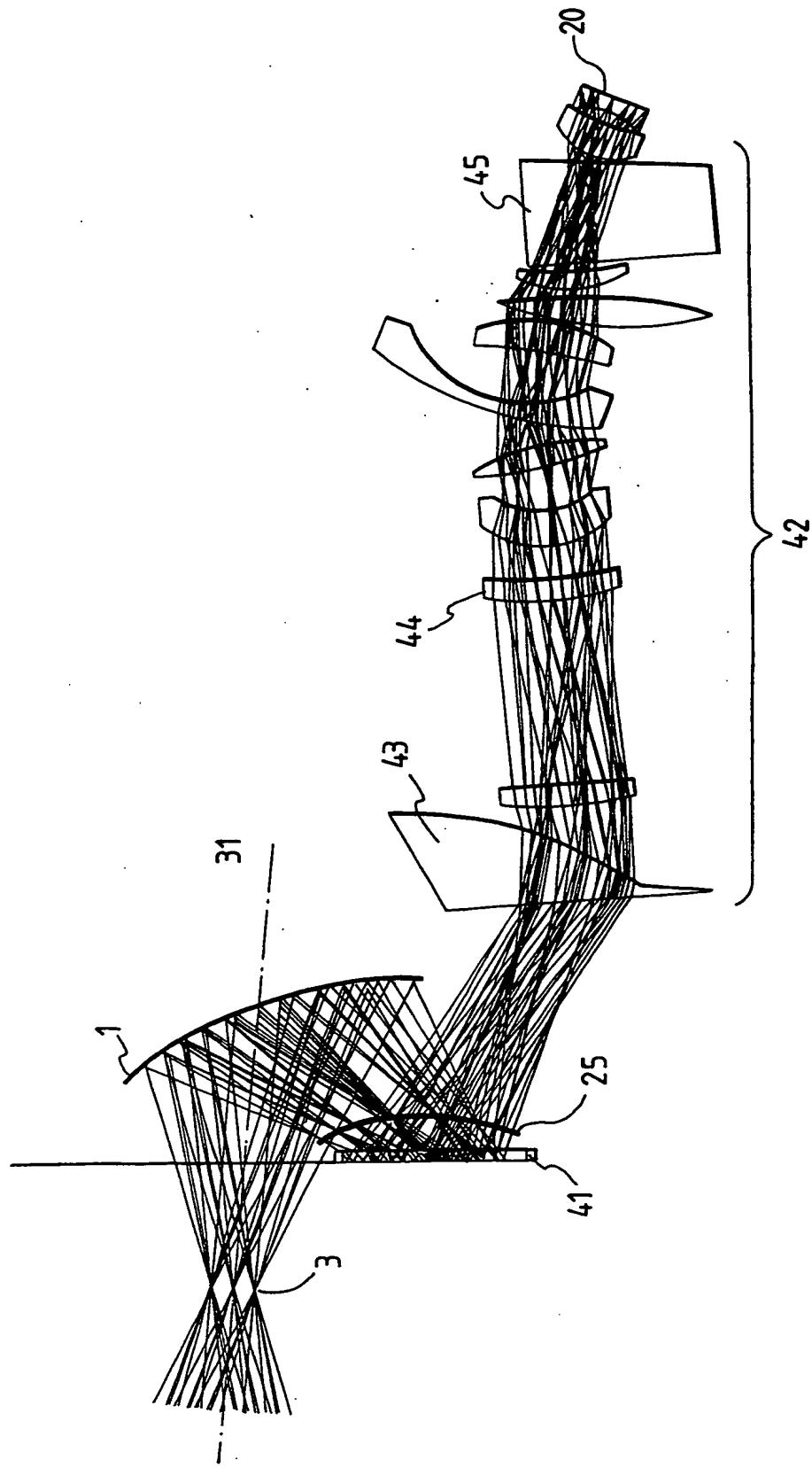


FIG. 4